

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-204831

(43)Date of publication of application : 30.07.1999

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

G09G 3/32

(21)Application number : 09-324999

(71)Applicant : NICHIA CHEM IND LTD

(22)Date of filing : 26.11.1997

(72)Inventor : NAGAI YOSHIFUMI
MUKAI TAKASHI

(30)Priority

Priority number : 09310087

Priority date : 12.11.1997

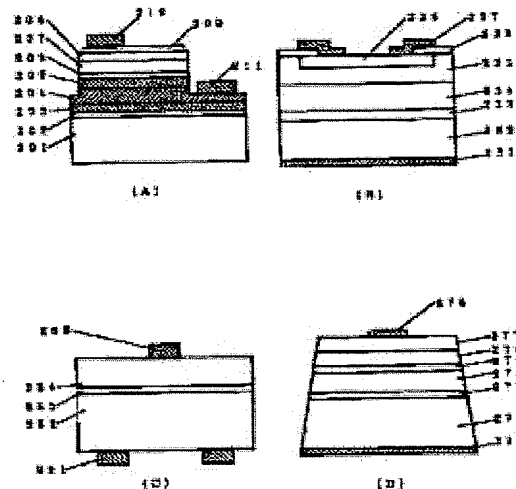
Priority country : JP

(54) LIGHT EMITTING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a light emitting device wherein a nitride semiconductor-made first LED chip and second LED chip made of a semiconductor different therefrom are disposed, a common drive power source is provided for both LED chips, and the size reduction and power consumption saving are made possible.

SOLUTION: A light emitting device has a light emitting part having a first and a second LED chips and driving means for the drive control of the first and the second LED chips. The first LED chip has a first nitride semiconductor layer 203 having an n-type impurity of $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ or less, second nitride semiconductor layer 204 which has an n-type impurity and n-electrode, and third nitride semiconductor layer 205 contg. an n-type impurity of $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ or less in the order from a substrate 210 between the substrate 201 and the active layer 206, the n-type impurity amt. in the second nitride semiconductor layer 204 is more than those in the first and the third nitride semiconductor layers, and the driving means applies the substantially same voltage to the first and second LED chips.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-204831

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月30日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 L 33/00

G 0 9 G 3/32

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

G 0 9 G 3/32

C

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平9-324999

(22) 出願日 平成9年(1997)11月26日

(31) 優先権主張番号 特願平9-310087

(32) 優先日 平9(1997)11月12日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72) 発明者 永井 芳文

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化

学工業株式会社内

(72) 発明者 向井 孝志

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化

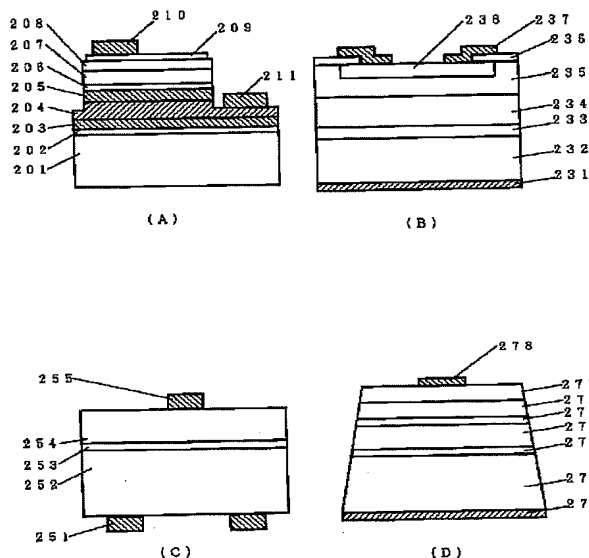
学工業株式会社内

(54) 【発明の名称】 発光装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 窒化物半導体からなる第1のLEDチップとそれと異なる半導体からなる第2のLEDチップを共に配置させ、各LEDチップの駆動電源を共通化し、小型簡素化、低消費電力化が可能な発光装置を提供する。

【解決手段】 第1のLEDチップと第2のLEDチップをそれぞれ配置した発光部と、それら第1及び第2のLEDチップを駆動制御する駆動手段とを備える発光装置である。第1のLEDチップは基板201と活性層206間に基板側から順にn型不純物が $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下である第1窒化物半導体層203、n型不純物を有しn電極が形成された第2窒化物半導体層204、n型不純物が $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下である第3窒化物半導体層205を有し、第2窒化物半導体層のn型不純物量が第1及び第3の窒化物半導体層の不純物量よりも多いと共に、駆動手段が第1及び第2のLEDチップにそれぞれ実質的に同一電圧で印加する発光装置である。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】窒化物半導体からなる第 1 の LED チップと窒化物半導体とは異なる半導体材料からなる第 2 の LED チップをそれぞれ配置した発光部と、該発光部の第 1 の LED チップ及び第 2 の LED チップを駆動制御する駆動手段とを有する発光装置であって、前記第 1 の LED チップが基板(201)と活性層(206)との間に、基板側から順に n 型不純物が $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下である第 1 の窒化物半導体層(203)、n 型不純物がドーパされ n 電極が形成される第 2 の窒化物半導体層(204)、n 型不純物が $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下である第 3 の窒化物半導体層(205)を有し前記第 2 の窒化物半導体層(204)の n 型不純物が第 1 の窒化物半導体層(203)及び第 3 の窒化物半導体層(205)よりも多いと共に、前記駆動手段が第 1 の LED チップ及び第 2 の LED チップにそれぞれ実質的に同一電圧で印加することを特徴とする発光装置。

【請求項 2】前記第 1 の窒化物半導体層(203)がアンドープである請求項 1 記載の発光装置。

【請求項 3】前記第 2 の窒化物半導体層(204)の n 型不純物が $3 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以上ドーパされている請求項 1 記載の発光装置。

【請求項 4】前記第 3 の窒化物半導体層(205)がアンドープである請求項 1 記載の発光装置。

【請求項 5】前記第 1 の LED チップ及び第 2 の LED チップをそれぞれドットマトリックス状に配置してなる請求項 1 記載の発光装置。

【請求項 6】前記第 2 の LED チップの発光層が少なくともガリウム・ヒ素・燐、ガリウム・アルミニウム・ヒ素、アルミニウム・ガリウム・インジウム・燐から選択される半導体材料からなる請求項 1 記載の発光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、窒化物半導体材料を用いた LED チップと、窒化物半導体とは異なる半導体材料を用いた LED チップとをそれぞれ駆動させる LED ドットマトリックス表示器、バックライトや光センサーなどに利用される発光装置に係わり、特に、各 LED チップに供給される駆動電圧を共通にし小型化や簡素化が可能な発光装置に関する。

【0002】

【従来技術】今日、高輝度に発光可能な発光ダイオードとして色の 3 原色に相当する RGB (赤色、緑色、青色) の各種発光色が 1000 mcd 以上にも及ぶ超高輝度に発光可能な発光ダイオードが開発された。これに伴い、テレビジョン画像やコンピュータ表示などが表示できる各種フルカラー LED ディスプレイやフルカラー画像を読みとる或いは印刷できるフルカラーセンサーやフルカラー光プリンタヘッドなどに急速に普及してきている。

【0003】発光ダイオードに用いられている LED チップの半導体材料は、その組成により紫外から赤外域まで発光させることができることが知られている。具体的材料として、現在のところ、緑色及び青色を高輝度発光する LED チップとして発光色のバンドギャップなどとの関係から窒化物半導体材料 ($\text{In}_a\text{Ga}_b\text{Al}_{1-a-b}\text{N}$, $0 \leq a$, $0 \leq b$, $a+b \leq 1$) が実用化されている。他方、赤色を高輝度に発光する LED チップの材料としては、 GaAsP 、 GaAlAs 、 AlGaInP が実用化されている。これら半導体材料を用いた LED チップをそれぞれドットマトリックス状に配置し所望に駆動させることにより、屋内外でも使用できる高輝度フルカラーディスプレイなどとして LED ドットマトリックス表示器を構成することができる。

【0004】しかし、窒化物半導体材料はバンドギャップや結晶性などとの関係上 GaAsP 、 GaAlAs 、 AlGaInP などの材料とは異なり駆動電圧が高い。図 3 に各半導体材料を用いた LED チップの順電圧—順電流特性 ($T_a=25^\circ\text{C}$) をそれぞれ比較して示してある。

窒化物半導体材料を用いた現在実用化されている LED チップは、図 3 に示す如くそれ以外の LED チップと比べ順電流が増加するにつれ順電圧の上昇率が高い。(なお、図 3 中、b は窒化物半導体を利用した図 6 に示す構造の LED チップ、c に GaAlAs を利用した図 2

(C) に示す構造の LED チップ、d に AlGaInP を利用した図 2 (D) に示す構造の LED チップをそれぞれ示してある。) 図 3 の b、c、d から明らかなように順電流が増加するに従って、窒化物半導体を利用した LED チップとそれ以外の材料を用いた LED チップとの順電圧の差が大きくなる。

【0005】窒化物半導体を用いた LED チップとそれ以外の半導体材料を用いた LED チップとを同時に使用した LED ドットマトリックス表示器を高デューティレシオで使用する場合、高輝度を得るため LED チップに瞬間的に大電流を流す必要がある。そのため窒化物半導体を用いた LED チップと、それ以外の LED チップとの駆動電圧差が顕著になる。また、外光の明るさにより LED ドットマトリックス表示器の明るさを種々変化させる調光手段を持っている場合、順電流—順電圧特性の曲線形状が窒化物半導体を用いた LED チップと、他の半導体材料を用いた LED と大きく異なることにより窒化物半導体を用いた LED チップで消費される電力と、それ以外の半導体材料を用いた LED チップとの電力が大きく異なる。そのため、LED チップの消費電力を大きく設定する場合においては、窒化物半導体を用いた LED チップの消費電力が大きくなり、LED チップの寿命が短くなるか、或いは同一電源に接続された LED チップを駆動する駆動回路の消費電力が大きくなり駆動回路の寿命を短くするかの何れかの問題がある。

【0006】そのため、本発明と比較のために示す図 5

のLEDドットマトリックス表示器の画素単位の部分的回路図の如き構成とせざるを得ない。図5(A)、

(B)は、何れもセグメント側の駆動電源を各半導体材料が異なるLEDチップごとに分けて構成してある。LEDドットマトリックス表示器に使用されるLEDチップの数は極めて多いため個々のLEDチップごとに駆動電源を分けると回路構成が極めて複雑化する。

【0007】或いは、図5(C)の如く、順電圧が低い窒化物半導体以外のLEDチップに抵抗を追加し電圧差を熱として消費させることが考えられる。しかしながら、LEDチップとは別途抵抗を設ける場合、余分な電力の消費となる。また、抵抗により生じた熱により各LEDチップの輝度の低下や波長シフトなど半導体特性の違いにより発光特性などがさらに異なってくるという問題を有する。さらに、電圧駆動方式では単に窒化物半導体を用いたLEDチップと、それ以外の半導体材料を用いたLEDチップで順電圧—順電流特性が大きく異なるので一定の抵抗では一定の駆動電流を維持できないという問題がある。したがって、本発明は上記問題を解決して比較的簡単な回路構成により消費電力を増加させることなくLEDチップに接続される電源を共通にすることができる発光装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は窒化物半導体からなる第1のLEDチップと窒化物半導体とは異なる半導体材料からなる第2のLEDチップをそれぞれ配置した発光部と、発光部の第1のLEDチップ及び第2のLEDチップを駆動制御する駆動手段とを有する発光装置である。特に、第1のLEDチップが基板(201)と活性層(206)との間に、基板側から順にn型不純物が $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下である第1の窒化物半導体層(203)、n型不純物がドーパされn電極が形成される第2の窒化物半導体層(204)、n型不純物が $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下である第3の窒化物半導体層(205)を有し第2の窒化物半導体層(204)のn型不純物が第1の窒化物半導体層(203)及び第3の窒化物半導体層(205)よりも多いと共に、駆動手段が第1のLEDチップ及び第2のLEDチップにそれぞれ実質的に同一電圧で印加する発光装置である。

【0009】本発明の請求項2に記載の発光装置は、第1の窒化物半導体層がアンドープである。

【0010】本発明の請求項3に記載の発光装置は、第2の窒化物半導体層のn型不純物が $3 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以上ドーパされている。

【0011】本発明の請求項4に記載の発光装置は、第3の窒化物半導体層がアンドープである。

【0012】本発明の請求項5に記載の発光装置は、第1のLEDチップ及び第2のLEDチップをそれぞれドットマトリックス状に配置してなるものである。

【0013】本発明の請求項6に記載の発光装置は、第2のLEDチップの発光層が少なくともガリウム・ヒ素

・燐、ガリウム・アルミニウム・ヒ素、アルミニウム・ガリウム・インジウム・燐から選択される半導体材料からなるものである。

【0014】

【発明の実施の形態】本発明者らは種々の実験の結果、窒化物半導体からなるLEDチップと窒化物半導体とは異なる半導体材料からなるLEDチップとをそれぞれ同時に用いる発光装置において、窒化物半導体からなるLEDチップが特定構造をとることにより、低消費電力、簡単な駆動回路かつ単一電源を達成することができることを見出し本発明を成すに至った。

【0015】即ち、本発明は窒化物半導体を用いた第1のLEDチップ構造を基板(201)と活性層(206)との間に、基板側から順にn型不純物が $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下である第1の窒化物半導体層(203)、n型不純物がドーパされn電極が形成される第2の窒化物半導体層(204)、n型不純物が $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下である第3の窒化物半導体層(205)を有し第2の窒化物半導体層(204)のn型不純物が第1の窒化物半導体層(203)及び第3の窒化物半導体層(205)よりも多い少なくとも3層構造としてある。この窒化物半導体を用いた第1のLEDチップは結晶性良く低抵抗化を図ることができ、図3aの如き、順電圧—順電流特性を示す。

【0016】そのため、窒化物半導体とは異なる第2のLEDチップの順電圧—順電流特性(図3中c、d)との曲率差が順電流が大きい領域においても少ない。したがって、窒化物半導体を用いたLEDチップと、これと異なる半導体材料を用いたLEDチップとを比較的簡単な回路構成にしつつ低消費電力で同一電圧により駆動させることができる。

【0017】具体的な発光装置の一例として、LEDドットマトリックス表示器の斜視図を図1に示す。図1では、1画素としてRGBがそれぞれ発光することができるLEDチップをそれぞれ用いた発光ダイオード(101)を使用している。

【0018】発光ダイオード(101)を基板上にドットマトリックス状に配置させてある。基板の銅箔パターンと発光ダイオード(101)の各リードとをそれぞれ自動半田付け装置により半田付けした。発光ダイオード(101)が配置された基板と駆動回路が配置された基板とをピンにより半田付けした。駆動回路内のロジック回路から単一電源で各発光ダイオード内に配置されたLEDチップとコモンドライバーを介して電氣的に接続させてある。また、各発光ダイオードの他方の電極は駆動回路のセグメントドライバーと接続させてある。

【0019】なお、G(緑色)、B(青色)が発光可能な第1のLEDチップとして、サファイア基板(201)上にGaNのバッファ層(202)、アンドープであり第1の窒化物半導体であるn型GaN層(203)と、n電極が形成されn型不純物がドーパされた第2の窒化物半導体で

10

20

30

40

50

あるn型Ga_{0.9}N層(204)と、アンドープであり第3の窒化物半導体であるn型Ga_{0.9}N層(205)、アンドープでありInGa_{0.9}Nの活性層(206)、p型のGa_{0.9}Al_{0.1}Nのクラッド層(207)、p型のGa_{0.9}Nのコンタクト層(208)を形成させたダブルヘテロ構造としてある。なお、第1のLEDチップは、活性層のInの組成を変えることにより緑色と青色の発光波長を調節させてある。

【0020】他方、R(赤色)が発光可能な第2のLEDチップとしては、ガリウム・アルミニウム・ヒ素を用いた。具体的には、p型Ga_{0.35}Al_{0.65}As基板(252)上に発光層としてp型Ga_{0.65}Al_{0.35}As層(253)、n型Ga_{0.35}Al_{0.65}As層(254)を形成したダブルヘテロ構造としてある。

【0021】こうして形成されたLEDドットマトリクス表示器の駆動手段(102)へ表示データを入力すると駆動手段(102)の演算回路が各発光ダイオード(101)の点灯時間を演算し、セグメントドライバー及びコマンドドライバーを駆動させることにより所望の発光色に発光させるべく各発光ダイオード(101)をダイナミック駆動させることができる。本発明のLEDドットマトリクス表示器は、各LEDチップの半導体が異なっているにもかかわらず順電圧一順電流特性が極めて似ており駆動回路電圧等の許容範囲内となりLEDチップごとに駆動電圧を分ける必要がない。また、各LEDチップの駆動電圧差分を別途設けた抵抗により消費させる必要もなく形成することができる。以下、本発明の各構成について詳述する。

【0022】(発光ダイオード101)本発明に用いられる発光ダイオード(101)としては少なくとも第1のLEDチップと第2のLEDチップの2種類のLEDチップを用いる。発光ダイオードは、砲弾型やチップタイプLEDなど種々のものが挙げられる。

【0023】発光ダイオード(101)に用いられる第1のLEDチップは、発光層が窒化物半導体であり、第2のLEDチップは少なくとも発光層が窒化物半導体とは異なる半導体材料である。第1のLEDチップとしては紫外域から赤色系まで発光することができる。色の3原色の1つとして第1のLEDチップを利用する場合、高輝度に発光することができるものとして青色及び緑色に用いられることが望ましい。具体的には、フルカラーLEDディスプレイなどとして緑色が495nmから565nm、青色の発光波長が430nmから490nmの範囲に主発光ピークがあることが好ましい。

【0024】第2のLEDチップの発光層として用いられる半導体材料は、GaAsP、GaAlAs、AlGaInPが好ましい。第2のLEDチップとしては赤外域から黄緑色まで発光することができる。色の3原色の1つとして第2のLEDチップを利用する場合、高輝度に発光することができるものとして赤色や橙色など赤色系に用いられることが望ましい。具体的には、LEDディスプレイ表示器用として赤色の発光波長が610nm

から700nmの範囲に主発光ピークがあることが好ましい。このような第1及び第2のLEDチップは所望に応じてそれぞれ複数設けることができる。具体的には第1のLEDチップの駆動電圧と第2のLEDチップの駆動電圧との差を少なくし高輝度に発光させる目的で第1のLEDチップと第2のLEDチップの個数を2:1の比率で利用することもできる。

【0025】(第1のLEDチップ)本発明の第1のLEDチップである発光素子は窒化物半導体よりなり、図2(A)の如き、活性層(206)と基板(201)との間に少なくとも3層構造を有する窒化物半導体層を有している。まず第1の窒化物半導体層(203)はn型不純物を含む第2の窒化物半導体層(204)を結晶性よく成長させるためにn型不純物の濃度を $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下、好ましくは $5 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ 以下、より好ましくはアンドープとしている。下地となる第1の窒化物半導体層(203)中のn型不純物濃度を小さくさせると、n型不純物濃度の高い第2の窒化物半導体層(204)を結晶性良く成長させることができる。上記不純物濃度の範囲を逸脱すると結晶性の良い第2の窒化物半導体層を形成しにくい傾向にある。

【0026】第2の窒化物半導体層(204)はn型不純物の濃度を第1の窒化物半導体層及び第3の窒化物半導体層よりも多くドーピングする、好ましくはn型不純物濃度を $3 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以上、より好ましくは $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以上、さらに好ましくは $8 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以上にする。これにより抵抗率が低くかつキャリア濃度が高いn電極(211)を形成するためのn型コンタクト層として作用する。したがって、第2の窒化物半導体層(204)の抵抗率やキャリア濃度はn電極材料と好ましいオーミック接触を得るためにできるだけ小さくすることが望ましく、好ましくは $8 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ 未満、好ましいキャリア濃度としては $3 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ より大きいこととすることができる。キャリア濃度が少なければV_fが低下し難い傾向にある。n型不純物が高濃度にドーピングされた窒化物半導体は一般に結晶性を良好に形成させることが困難な傾向にあるが本発明の第2の窒化物半導体は第1の窒化物半導体層上に形成されるので高濃度のn型不純物を有しているにもかかわらず結晶性を良好に形成することができる。

【0027】第3の窒化物半導体層(205)もn型不純物の濃度を $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以下、好ましくは $5 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ 以下、更に好ましくはアンドープとする。このようにn型不純物濃度を小さくすると、第3の窒化物半導体層の結晶性が良好となり、この結晶性の良い第3の窒化物半導体層上に活性層(206)、クラッド層(207)等を成長させるとそれらの結晶性も良く形成することができる。上記不純物濃度の範囲を逸脱すると第3の窒化物半導体層を結晶性良く形成しにくくなり、第3の窒化物半導体層上に形成される活性層(206)、クラッド層

(207)等の結晶性をも低下する傾向がある。即ち、抵抗率が小さくキャリア濃度の大きい第2の窒化物半導体層(204)の結晶性は、n型不純物が低濃度な窒化物半導体層などに比べて悪くなる傾向にある。第2の窒化物半導体層(204)上にn型不純物が上記低不純物濃度であり結晶性の比較的良い第3の窒化物半導体(205)を介在させることにより、活性層(206)を成長させる前のバッファ層として作用させることができる。

【0028】さらに、n型不純物が低濃度の層を活性層(206)と第2の窒化物半導体層(204)との間に介在させることにより、n型不純物が高濃度にドーピングされた第2の窒化物半導体層(204)から活性層(206)へのn型不純物の拡散を抑制させることもできる。

【0029】また、活性層(206)はInを含むアンドープの窒化物半導体、好ましくはInGa_{1-x}Nよりなる井戸層を有する単一量子井戸構造、若しくは多重量子井戸構造とすることが望ましい。n型不純物としては4族元素が挙げられるが、好ましくはSi若しくはGe、さらに好ましくはSiを用いることができる。(なお、本発明でアンドープの窒化物半導体層とは、不純物を意図的にドーピングしない窒化物半導体層を示すが、例えば原料ガスなどに含まれる不純物、反応装置内のコンタミネーション、不純物をドーピングした他の層からの意図しない拡散により不純物が混入した層を含むものである。)

(第1のLEDチップの基板201)窒化物半導体を形成させる基板(201)としては、サファイアC面の他、R面、A面を主面とするサファイア、スピネル(MgAl₂O₄)のような絶縁性の透光性基板の他、SiC(6H、4H、3Cを含む)、Si、ZnO、GaAs、GaN等の半導体基板を用いることができる。特に、結晶性や量産性を考慮するとサファイア基板が好ましい。

【0030】(第1のLEDチップのバッファ層202)バッファ層(202)は基板(201)上に形成させる窒化物半導体の結晶性を向上させるために、好適に用いられる。特に、バッファ層(202)を低温で形成させる低温バッファ層と、それよりも高い温度で形成させるバッファ層の多層構成とすることでよりその上に形成させる窒化物半導体の結晶性をさらに向上させることができる。

【0031】(第1の窒化物半導体層203)第1の窒化物半導体層(203)は、In_xAl_{1-x}Ga_{1-x-y}N(0≤X、0≤Y、X+Y≤1)で構成でき、その組成は特に問うものではないが、好ましくはGaN、Y値が0.2以下のAl_{1-y}Ga_{1-y}Nとすると結晶欠陥の少ない窒化物半導体層が得られやすい。また膜厚は特に問うものではなく、バッファ層(202)よりも厚膜で成長させ、通常0.1μm以上20μm以下の膜厚で成長させることが好ましい。第1の窒化物半導体層(203)はn型不純物が低濃度の層であるため、抵抗率は0.2Ω・cmよりも大きくなる傾向にある。

【0032】(第2の窒化物半導体層204)第2の窒

化物半導体層(204)は、第1の窒化物半導体層(203)と同様にIn_xAl_{1-y}Ga_{1-x-y}N(0≤X、0≤Y、X+Y≤1)で構成できる。第2の窒化物半導体層(204)は、Y値が0.2以下のAl_{1-y}Ga_{1-y}Nが好ましく、特に好ましくはGaNである。このような組成とすると結晶欠陥の少ない窒化物半導体層が得られやすい。膜厚は特に問うものではないが、n電極(211)を形成する層であるので1μm以上20μm以下の膜厚で成長させることが好ましい。

【0033】また、第2の窒化物半導体層(204)は、互いにバンドギャップエネルギーが異なる2種類の窒化物半導体層が積層されてなるか、若しくは同一組成の窒化物半導体層が積層されてなる超格子構造としても良い。超格子層にすると第2の窒化物半導体層(204)の移動度が大きくなって抵抗率がさらに低下することができる。超格子構造とする場合には、超格子を構成する窒化物半導体層の膜厚を100オングストローム以下、より好ましくは70オングストローム以下、最も好ましくは50オングストローム以下とすることができる。

【0034】超格子構造の場合、超格子を構成する窒化物半導体層にSi、Geを変調ドーピングしても良い。変調ドーピングとは、超格子層を構成する窒化物半導体層の不純物濃度が互いに異なることという。この場合、一方の層は不純物をドーピングしない状態、つまりアンドープでもよい。また、第2の窒化物半導体層を互いにバンドギャップエネルギーの異なる層を積層した超格子構造として、バンドギャップエネルギーが大きい窒化物半導体層にSi、Geを多くドーピングすることが望ましい。なお変調ドーピングする場合には、不純物濃度差は1桁以上とすることが望ましい。

【0035】(第3の窒化物半導体層205)第3の窒化物半導体層(205)もIn_xAl_{1-y}Ga_{1-x-y}N(0≤X、0≤Y、X+Y≤1)で構成できる。その組成は特に問うものではないが、好ましくはX値が0.1以下のIn_xGa_{1-x}N又はY値が0.2以下のAl_{1-y}Ga_{1-y}Nあり、より好ましくはGaNである。このような組成とすることにより結晶欠陥の少ない窒化物半導体層が得られやすい。InGa_{1-x}Nを成長させると、その上にAlを含む窒化物半導体を成長させる場合に、Alを含む窒化物半導体層にクラックが入るのを防止することができる。第3の窒化物半導体層の膜厚は0.5μm以下が好ましく0.2μm以下がより好ましく、0.15μm以下がさらに好ましい。下限は特に限定しないが10オングストローム以上、より好ましくは50オングストローム以上、更に好ましくは100オングストローム以上である。第3の窒化物半導体はn型不純物が低濃度の層であり、抵抗率が通常1×10⁻¹Ω・cm以上と高いため、この層を厚膜の層で成長すると逆にV_fが低下しにくい傾向にある。なお第2の窒化物半導体層(204)を単一の窒化物半導体で成長させる場合、第1の窒化物半導体層

(203)、第2の窒化物半導体層(204)及び第3の窒化物半導体層(205)を同一組成の窒化物半導体により成長させることが好ましい。

【0036】(第1のLEDチップの活性層206)第1のLEDチップの活性層(206)は、第1のLEDチップの発光層として働くためその組成を変化させることにより種々の発光色を得ることができる。このような活性層(206)は発光中心となるZnなどをドーピングして発光させることもできるし、活性層(206)を量子効果が生ずる程度の薄膜とさせた単一量子井戸や多重量子井戸構造とすることもできる。活性層はシングルヘテロ構造とすることもできるし、発光効率を高めるために活性層を挟んで形成させたダブルヘテロ構造とすることもできる。

【0037】発光中心を添加しないアンドープの発光層の場合、発光波長 λ は $1240/E_g$ におおよそ相当する。したがって、フルカラーディスプレイ用などに使用する場合、Inの値を所望に調節して所望の青色や緑色を発光する組成とすることができる。なお $In_xGa_{1-x}N$ のバンドギャップエネルギー(E_g)は式 $E_g = 1.96 \cdot X + 3.4(1-X) - X \cdot (1-X)$ により算出することができる。

【0038】(第1のLEDのp側クラッド層207)活性層(206)上にはダブルヘテロ構造とすべくp側クラッド層(207)が好適に形成される。p側クラッド層(207)はキャリア閉じ込め層として作用し、Alを含む窒化物半導体、好ましくは $Al_yGa_{1-y}N$ ($0 < y < 1$)を成長させることが望ましく、結晶性の良いp側クラッド層を成長させるためにはY値が0.3以下の $Al_yGa_{1-y}N$ 層を0.5 μm 以下の膜厚で成長させることが望ましい。

【0039】(第1のLEDチップのp側コンタクト層208)第1のLEDチップのp側コンタクト層(208)も $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ ($0 \leq x, 0 \leq y, x+y \leq 1$)で構成することができる。組成は特に問うものではないが、好ましくはGaNとすると結晶欠陥の少ない窒化物半導体層が得られやすい。また、p電極(209)材料と好ましいオーミック接触が得られやすい。窒化物半導体層のp型層は、p型ドーパントをドーピングしただけではp型化しにくいので400℃以上でアニール処理することでp型層をより低抵抗化することができる。

【0040】アニーリング後、形成させた窒化物半導体の半導体ウェハーをエッチングして、p型電極(209)が形成される窒化物半導体層(208)及びn型電極(211)が形成される第2の窒化物半導体層(204)を形成する。エッチング後、p側コンタクト層のほぼ全面に透光性となる金属薄膜や金属酸化物層をp電極(209)として形成することができる。p電極(209)上にはワイヤーボンディング用の電極としてpパッド電極(210)を形成することもできる。一方エッチングにより露出させた第2の窒化物半導体層(204)表面にはn電極(211)を形成する。こうし

て形成された窒化物半導体からなる半導体ウェハーをスクライブやダイサーなどにより分離して第1のLEDチップを形成することができる。

【0041】(第2のLEDチップ)本発明の第2のLEDチップである発光素子は、窒化物半導体を用いた第1のLEDチップとは異なる半導体材料を用いた発光素子であり、少なくとも発光層がGaAsP、GaAlAs、AlGaInPであることが好ましい。第2のLEDチップもシングルヘテロ、ダブルヘテロ構造とすることができる。

【0042】第2のLEDチップとして具体的には、ガリウム・ヒ素・燐系LEDが挙げられる。ガリウム・ヒ素・燐系LEDチップの構造として図2(B)の如き、ガリウム燐基板(232)上にn型勾配層となるn型ガリウム・ヒ素・燐層(233)、n型発光層となるn型ガリウム・ヒ素・燐層(234)、窒素が含有されたn型発光層となるn型ガリウム・ヒ素・燐層(235)、p型ガリウム・ヒ素・燐部(238)により構成することができる。なお、p型電極(237)は拡散マスク(236)を介してp型ガリウム・ヒ素・燐部(238)に接続されている。また、ガリウム燐基板(232)の裏面にn電極(231)が形成されている。

【0043】また、別の第2のLEDチップとして具体的には、ガリウム・アルミニウム・ヒ素系LEDが挙げられる。ガリウム・アルミニウム・ヒ素系LEDチップの構造として図2(C)の如き、p型ガリウム・アルミニウム・ヒ素基板(252)上にp型ガリウム・アルミニウム・ヒ素層(253)、n型ガリウム・アルミニウム・ヒ素層(254)を形成させてある。なお、p型基板(252)及びn型ガリウム・アルミニウム・ヒ素層(254)との間に発光層がダブルヘテロ構造となるp型ガリウム・アルミニウム・ヒ素の組成とすることで高輝度に発光させることができる。また、ガリウム・アルミニウム・ヒ素基板(252)の裏面にp電極(251)、n型ガリウム・アルミニウム・ヒ素(254)の表面にn電極(255)が形成されている。

【0044】さらに、別の第2のLEDチップとして、具体的にはアルミニウム・ガリウム・インジウム・燐系LEDが挙げられる。アルミニウム・ガリウム・インジウム・燐系LEDチップの構造として図2(D)の如き、n型ガリウム・ヒ素基板(272)上に、バッファ層(273)、クラッド層として働くn型アルミニウム・ガリウム・インジウム・燐層(274)、活性層として働くアルミニウム・ガリウム・インジウム・燐層(275)、p型のクラッド層として働くアルミニウム・ガリウム・インジウム・燐層(276)、p型のコンタクト層として働くインジウム・ガリウム・燐層(277)を形成させてある。また、ガリウム・ヒ素基板(271)の裏面にn電極(271)、インジウム・ガリウム・燐層(277)の表面にp電極(278)が形成されている。

【0045】(マウント・リード)マウント・リードは、第1のLEDチップ、第2のLEDチップをそれぞれ

10

20

30

40

50

れ、或いは第1及び第2のLEDチップを同時に用いて砲弾型などの発光ダイオードを形成させるために好適に用いられるものである。マウント・リードのカップは各LEDチップが配置させ、ダイボンド機器などで積載するのに十分な大きさがあれば良い。第1及び第2のLEDチップを複数設置した場合、マウント・リードをLEDチップの共通電極として利用することができる。そのため、十分な電気伝導性とボンディングワイヤーやAgペースト等との接続性がよいことが好ましい。

【0046】第1のLEDチップの基板がサファイアなどの透光性絶縁基板の場合、マウント・リードのカップとの接着は熱硬化性樹脂などによって好適に行うことができる。具体的には、エポキシ樹脂、アクリル樹脂やイミド樹脂などが挙げられる。また、フリップチップ型とした第1のLEDチップ、基板が導電性のGaN単結晶基板やSiC基板などを用いた第1のLEDチップや基板が導電性の第2のLEDチップなどによりマウント・リードと接着させると共に電氣的に接続させるためにはAgペースト、カーボンペースト、金属バンプ等を用いることができる。

【0047】マウント・リードの具体的な電気抵抗としては $300\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 以下が好ましく、より好ましくは、 $3\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 以下である。また、マウント・リード上に第1のLEDチップ及び第2のLEDチップを複数配置する場合には、LEDチップからマウント・リードに放熱される熱量が多くなるため熱伝導度がよいことが求められる。具体的には $0.01\text{cal}/(\text{s})(\text{cm}^2)(\text{C}/\text{cm})$ 以上が好ましく、より好ましくは $0.5\text{cal}/(\text{s})(\text{cm}^2)(\text{C}/\text{cm})$ 以上である。これらの条件を満たす材料としては、鉄、銅、鉄入り銅、錫入り銅、メタライズパターン付きセラミック等が挙げられる。

【0048】(インナー・リード) インナー・リードは、マウント・リード上に配置されたLEDチップと導電性ワイヤー等を介して電氣的に接続をはかるために用いられる。インナー・リードは、導電性ワイヤーであるボンディングワイヤー等との接続性及び電気伝導性がよいことが好ましい。具体的な電気抵抗としては、 $300\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 以下が好ましく、より好ましくは $3\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 以下である。これらの条件を満たす材料としては、鉄、銅、鉄入り銅、錫入り銅及び銅、金、銀をメッキしたアルミニウム、鉄、銅等が挙げられる。

【0049】本発明においては、第1及び第2のLEDチップに供給される電圧差を小さくさせる抵抗を追加することなく第1及び第2のLEDチップ共に同一電源に接続することができる。したがって、第1のLEDチップと、第2のLEDチップとをコモン極性とさせたマウント・リードに共に配置させた場合、特にLEDディスプレイ表示器の回路構成を簡略化することができる。

【0050】(モールド部材) モールド部材は、発光ダ

イオードの使用用途に応じてLEDチップ、導電性ワイヤーなどを外部から保護するために設けることができる。モールド部材は、一般には樹脂を用いて形成させることができる。また、モールド部材に拡散剤を含有させることによってLEDチップからの指向性を緩和させ視野角をさらに増やすことができる。第1及び第2のLEDチップを共に配置させている場合、混色性をも改善することができる。更にまた、モールド部材を所望の形状にすることによってLEDチップからの発光を集束させたり拡散させたりするレンズ効果を持たせることができる。したがって、モールド部材は複数積層した構造でもよい。具体的には、凸レンズ形状、凹レンズ形状さらには、発光観測面から見て矩形、円形、楕円形状やそれらを複数組み合わせたものである。モールド部材の具体的な材料としては、主としてエポキシ樹脂、ユリア樹脂、シリコンなどの耐候性に優れた透明樹脂や硝子などが好適に用いられる。また、拡散剤としては、チタン酸バリウム、酸化チタン、酸化アルミニウム、酸化珪素等が好適に用いられる。

【0051】(導電性ワイヤー) 導電性ワイヤーは、第1及び第2のLEDチップの電極とリードなどを電氣的に接続させるために好適に用いられる。そのため導電性ワイヤーと接続される第1及び第2のLEDチップの電極のオーミック性、機械的接続性、電気伝導性及び熱伝導性がよいものが求められる。熱伝導度としては $0.01\text{cal}/(\text{s})(\text{cm}^2)(\text{C}/\text{cm})$ 以上が好ましく、より好ましくは $0.5\text{cal}/(\text{s})(\text{cm}^2)(\text{C}/\text{cm})$ 以上である。また、作業性などを考慮して導電性ワイヤーの直径は、好ましくは、 $\Phi 10\mu\text{m}$ 以上、 $\Phi 45\mu\text{m}$ 以下である。このような導電性ワイヤーとして具体的には、金、銅、白金、アルミニウム等の金属及びそれらの合金を用いた導電性ワイヤーが挙げられる。このような導電性ワイヤーは、各LEDチップの電極と、インナー・リード及びマウント・リードなどをワイヤーボンディング機器によって容易に接続させることができる。

【0052】(駆動手段102) 駆動手段(102)は、点灯回路などを有し発光ダイオード(101)をドットマトリックス状などに配置したものと電氣的に接続させることができる。駆動回路としては、入力される表示データを一時的に記憶させるRAM(Random Access Memory)と、RAMに記憶されるデータから発光ダイオード(101)を所定の明るさに点灯させるための階調信号を演算する階調制御回路と、階調制御回路の出力信号でスイッチングされて、発光ダイオード(101)を点灯させるドライバーとにより構成することができる。また、駆動手段には、光センサーにより外光の光度を測定し外光が暗くなるに従って、LEDドットマトリックス表示器の光度を調節する調光手段を設けることもできる。

【0053】駆動手段(102)は中央演算処理装置などを

用いて比較的簡単に形成させることができる。階調制御回路は、RAMなどに記憶されるデータから発光ダイオード(101)の点灯時間を演算してパルス信号を出力する。階調制御回路から出力されるパルス信号である階調信号は、発光ダイオード(101)のドライバーに入力されてドライバーをスイッチングさせる。ドライバーがオンになると発光ダイオード(101)が点灯され、オフになると消灯することができる。各発光ダイオード(101)の点灯時間を制御することにより所望の映像データなどを表示することができる。

【0054】特に、本発明のLEDチップを用いた場合は、各LEDチップに供給される電源を図4(A)や図4(A)のLEDチップ部のみ変え示す図4(B)の如き極めて簡単な構成で形成することができる。すなわち、本発明に用いられるLEDチップの半導体材料が窒化物半導体と、それ以外の半導体材料の順電圧・順電流特性が極めて近似しているため駆動電源をそれぞれのLEDチップごとに分離して構成する必要がない。特に、フルカラーLEDドットマトリックス表示器の場合は、画像を構成するために15万個以上にも及ぶ絵素を用いる場合があり駆動回路の簡素化は小型化のみならず回路構成の自由度を増やす意味でも極めて効果大きい。

【0055】(きょう体103) きょう体(103)は、基板上にマトリックス状など所望の形状に配置した発光ダイオード(101)や駆動手段(102)が配置された基板などを外部から機械的に保護する物であって、所望の大きさに形成させることができる。きょう体(103)の材料としては成形のしやすさなどからポリカーボネート樹脂、ABS樹脂、エポキシ樹脂、フェノール樹脂等が好ましい。また、きょう体の内部表面を凹凸加工させて接着面積を増やしたり、プラズマ処理して充填材との密着性を向上させても良い。

【0056】(基板) 基板は、発光ダイオード(101)をドットマトリックス状などに固定配置するために好適に利用することができる。発光ダイオード(101)を配置する基板は、各発光ダイオード(101)をドットマトリックス状に配置し電氣的に接続するためだけでなく、駆動手段(102)が配置された基板と兼用しても良い。基板は、機械的強度が高く熱変形の少ないものが好ましい。具体的にはセラミックス、ガラス、アルミニウム合金等を用いたプリント基板が好適に利用できる。発光ダイオードが実装される基板表面はLEDドットマトリックス表示器の表示面と一致するためコントラスト向上のために着色してあることが好ましい。また、充填材(104)との密着性向上のために凹凸加工させても良い。

【0057】(充填材104) 充填材(104)は、特に屋外にLEDドットマトリックス表示器を配置する場合に好適に用いられる。充填剤はきょう体(101)内部に水分やゴミなどが入り込むことを防止するために好適に利用される。したがって、きょう体(103)は発光ダイオード

(101)、きょう体(103)、発光ダイオードが配置された基板及びルーバーなどとの密着性がよいことが求められる。また、内部回路を保護するために機械的強度及び耐候性が要求される。このような充填材(104)として具体的には、エポキシ樹脂、ウレタン樹脂、シリコン樹脂などが挙げられる。また、コントラスト比向上のためにこれらの樹脂中に黒色など暗色系の着色染料や着色顔料を含有させても良い。さらに、熱伝導を向上させる目的で熱伝導部材を含有させても良い。熱伝導部材としては発光ダイオード間にも配されることから電気電導しないことが求められる。具体的には酸化銅、酸化銀が挙げられる。

【0058】(発光部) 発光部は本発明に用いられる発光素子となる第1及び第2のLEDチップが共に用いられるものであり、所望に応じてドットマトリックス状、ライン状や千鳥足状など種々に配置することができる。このような配置は基板上に発光ダイオードを半田付けすることなどにより比較的簡単に設置することができる。以下、本発明の実施例について説明するが、本発明は具体的実施例のみに限定されるものではないことは言うまでもない。

【0059】

【実施例】(実施例1) 第1のLEDチップとして青色が発光可能な窒化インジウム・ガリウムと、緑色が発光可能な窒化インジウム・ガリウムとを用いて形成させた。第2のLEDチップとして赤色が発光可能なアルミニウム・ガリウム・インジウム・燐を用いて形成させてある。第1のLEDチップの発光層のインジウムの組成を変えることによりそれぞれ青色と緑色を発光するLEDチップとして形成させてある。以下、本発明の第1のLEDチップの製造方法について述べる。

【0060】サファイア(C面)よりなる基板を反応容器内にセットし、容器内を水素で十分置換した後、水素を流しながら、基板の温度を1050℃まで上昇させ、基板のクリーニングを行う。

【0061】続いて、温度を505℃まで下げ、キャリアガスに水素、原料ガスにアンモニアとTMG(トリメチルガリウム)とを用い、基板上にGaNよりなるバッファ層を約200オングストロームの膜厚で成長させる。

【0062】バッファ層成長後、TMGのみ止めて、温度を1050℃まで上昇させる。1050℃になったら、原料ガスにTMG、アンモニアガスを用い、アンドープGaNよりなる第1の窒化物半導体層を1.5μmの膜厚で成長させる。

【0063】続いて1040℃で、原料ガスにTMG、アンモニアガス、不純物ガスにシリコン含有ガスとしてSiH₄を用い、Siを $6 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたGaNよりなる第2の窒化物半導体層を3μmの膜厚で成長させる。

【0064】次にシランガスのみを止め、1040℃で同様にアンドープGaNよりなる第3の窒化物半導体層を0.15 μmの膜厚で成長させる。こうして、本発明に用いられる第1のLEDチップの基板から活性層までの半導体を形成させた。

【0065】次に、温度を800℃にして、キャリアガスを窒素に切り替え、TMG、TMI（トリメチルインジウム）、アンモニアを用いアンドープInGaN層を30オングストロームの膜厚で成長させて単一量子井戸構造を有する活性層を成長させる。なお、青色が発光可能なものとしてIn_{0.4}Ga_{0.6}N層を用い、緑色が発光可能なものとしてIn_{0.6}Ga_{0.4}N層を用いた以外は同様に形成させてある。

【0066】次に、温度を1050℃に上げ、TMG、TMA、アンモニア、Cp₂Mg（シクロペンタジエニルマグネシウム）を用い、Mgを $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ ドープしたp型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nよりなるp側クラッド層を0.1 μmの膜厚で成長させる。

【0067】続いて1050℃で、TMG、アンモニア、Cp₂Mgを用い、Mgを $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ ドープしたp型GaNよりなるp側コンタクト層を0.1 μmの膜厚で成長させる。反応終了後、温度を室温まで下げ、さらに窒素雰囲気中、半導体ウエハーを反応容器内において、700℃でアニーリングを行い、p型層をさらに低抵抗化する。

【0068】アニーリング後、半導体ウエハーを反応容器から取り出し、最上層のp側コンタクト層の表面に所定の形状のマスクを形成し、RIE（反応性イオンエッチング）装置でp側コンタクト層側からエッチングを行い、図2（A）に示すように第2の窒化物半導体層の表面を露出させる。エッチング後、最上層にあるp側コンタクト層のほぼ全面に膜厚200オングストロームのNiとAuを含む透光性のp電極と、そのp電極の上にボンディング用のAuよりなるpパッド電極を0.5 μmの膜厚で形成する。一方エッチングにより露出させた第2の窒化物半導体層表面にはWとAlを含むn電極を形成する。半導体ウエハーをダイシングとスクライプにより分離して350 μm角の第1のLEDチップとして形成させた。このLEDチップはいずれもほぼ図3のaに示す如き、順電圧—順電流特性を示す。

【0069】他方、第2のLEDチップとして図2（D）に示すLEDチップとして4元素のアルミニウム・ガリウム・インジウム・燐系を用いたものを利用した。アルミニウム・ガリウム・インジウム・燐系で青色が発光可能なLEDチップの構造としてn型ガリウム・ヒ素基板上に、バッファ層、クラッド層として働くn型アルミニウム・ガリウム・インジウム燐層、活性層として働くアルミニウム・ガリウム・インジウム・燐層、p型のクラッド層として働くアルミニウム・ガリウム・インジウム・燐層、p型のコンタクト層として働くインジ

ウム・ガリウム・燐層を形成させてある。第2のLEDチップは、基板自体が導電性を持つためLEDチップの両面に正極及び負極となるAuからなる電極が形成されている。半導体ウエハーをスクライプにより分離して350 μm角の第2のLEDチップとして形成させた。第2のLEDチップは図3のdに示す如き、順電圧—順電流特性を示す。

【0070】発光ダイオードの発光観測面側から見て青色、緑色が発光可能な第1のLEDチップに第2のLEDチップが挟まれる形でマウント・リード上にダイボンダーを用いてAg含有のエポキシ樹脂によりそれぞれダイボンディングさせた。青色及び緑色が発光可能な第1のLEDチップは、表面側に正極及び負極の電極が配置されているためLEDチップの負電極をマウント・リードと直径30 μmの金線によりワイヤーボンディングさせた。同様に、第1及び第2のLEDチップの正電極と、それぞれに設けられたインナー・リードとを直径30 μmの金線によりワイヤーボンディングさせた。次に、この状態のリードフレームを金型に入れインサート成形で砲弾型の発光ダイオードを形成する。こうして形成された発光ダイオードを16×16個ドットマトリクス状にガラスエポキシ基板上に配置させる。自動半田付け装置により基板に導通固定させた後、不要なリードを切り取った。他方、駆動手段として個々の赤色、緑色及び青色のLEDチップを図4（A）の如く単一の電源を利用したロジック回路として形成させてある。駆動回路には、入力された表示データを演算手段によって駆動用データとして処理するCPUが配置されている。処理されたデータに従って、RGBの各第1及び第2のLEDチップをダイナミック駆動させるコモンドライバ及びセグメントドライバが設けられている。発光ダイオードがドットマトリクス状に配置された表示部と駆動手段とをきょう体内に配置させ充填剤となるシリコン樹脂により封止してLEDドットマトリクス表示器を構成させた。

【0071】こうして形成されたLEDドットマトリクス表示器は、各LEDチップ間の順電圧—順電流特性差が小さいためダイナミック駆動など高デューティレシオで駆動させる場合においても駆動ドライバの損傷を防ぐため別電源とすることなく回路構成を簡略化すると共に、より低消費電力化することがことができる。

【0072】（実施例2）第1のLEDチップを実施例1と同様にして青色及び緑色が発光可能なLEDチップを形成させた。また、第2のLEDチップとして図2（C）に示す一般的なLEDチップとして3元素のアルミニウム・ガリウム・ヒ素系を用いたものを利用した。アルミニウム・ガリウム・ヒ素系で青色が発光可能なLEDチップの構造としてp型ガリウム・アルミニウム・ヒ素（p型Ga_{0.35}Al_{0.65}As）基板上にp型ガリウム・アルミニウム・ヒ素（p型Ga_{0.65}Al_{0.35}As）

10

20

30

40

50

層、n型ガリウム・アルミニウム・ヒ素（n型Ga_{0.35}Al_{0.65}As）層を形成させてある。本実施例に用いられる第2のLEDチップも、基板自体が導電性を持つためLEDチップの両面に正極及び負極となるAuからなる電極が形成されてある。半導体ウェハーをスクライブにより分離して350μm角の第2のLEDチップとして形成させた。第2のLEDチップは図3のcに示す如き、順電圧-順電流特性を示し、25℃、20mAにおいて駆動電圧が約1.9Vであった。

【0073】こうして形成されたLEDチップを各1個ずつ鉄入り銅であるマウント・リードの上にエポキシ樹脂によりダイボンディングすると共にワイヤーボンディングさせそれぞれの色が発光可能な平面視楕円形のモールド部材により発光ダイオードを形成させた。なお、アルミニウム・ガリウム・ヒ素系で赤色が発光可能なLEDチップは、Ag入りのエポキシ樹脂によりダイボンディングすると共にマウント・リードと電気的接続をもとてある。

【0074】第2のLEDチップを用いた発光ダイオードを図4（B）の如き、直列に2個用いた以外は実施例1と同様にして第1及び第2のLEDチップが封止された各発光ダイオードをそれぞれロジック回路を介して同一電圧の電源に接続させてLEDドットマトリックス表示器を構成させた。また、駆動手段には外光の光度をシリコンによりなる光センサーにより測定し外光が暗くなるに従って、RGBが接続された電圧を低くさせ発光ダイオードから放出される光が暗くなるように調光手段を設けてある。発光ダイオードがドットマトリックス状に配置された表示部と、駆動手段とをきょう体内に配置させ充填剤となるシリコン樹脂により封止してLEDドットマトリックス表示器を構成させた。

【0075】本発明の実施例2の発光装置であるLEDドットマトリックス表示器は第2のLEDチップを直列に2個接続させてあることにより第1のLEDチップの順電圧-順電流特性が特に40mA以上では極めて近似するため、消費電力がより少なく比較的簡単な回路構成により実質的に同一電圧で駆動することができる。

【0076】（実施例3）第1の窒化物半導体及び第3の窒化物半導体形成時に不純物ガスとしてSi₂H₆を流し第2の窒化物半導体形成時に流す不純物ガスとしてSiH₄の代わりにSi₂H₆を流す。n型不純物濃度としてSiを第1及び第3の窒化物半導体にそれぞれ8×10¹⁶/cm³、第2の窒化物半導体に5×10¹⁸/cm³ドープした以外は実施例1と同様にして発光装置を形成させた。その結果、第1のLEDチップ自体のリーク電流が実施例1に較べ増える傾向にあったが実施例1とほぼ同様の発光装置を形成することができる。

【0077】（実施例4）第1の窒化物半導体及び第3の窒化物半導体形成時に不純物ガスとしてGeH₄を流し第2の窒化物半導体形成時に流す不純物ガスとしてSiH₄の代わりにGeH₄を流す。n型不純物濃度として

Geを第1及び第3の窒化物半導体にそれぞれ1×10¹⁷/cm³、第2の窒化物半導体に8×10¹⁹/cm³ドープした以外は実施例1と同様にして発光装置を形成させた。その結果、第1のLEDチップ自体のリーク電流が実施例1及び実施例3に較べ増える傾向にあったが実施例1とほぼ同様の発光装置を形成することができる。なお、実施例において定電流駆動方式について詳述したが電圧駆動方式においても本発明の効果が優れていることは明らかである。

【0078】

【発明の効果】本発明の請求項1から請求項6に記載された発光装置とすることにより比較的簡単な回路構成により単一電源で第1及び第2のLEDチップを駆動させることができる。そのため、低消費電力且つ、比較的簡単な回路構成とすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明のLEDドットマトリックス表示器の模式的斜視図である。

【図2】図2は、本発明の第1及び第2のLEDチップの構造を示す模式的断面図であり、図2（A）は、第1のLEDチップ、図2（B）、（C）、（D）は、第2のLEDチップを示す。

【図3】図3は、本発明の第1のLEDチップ、第2のLEDチップ及び第1のLEDチップと比較のために示すLEDチップの電圧電流駆動特性を示す。aは本発明の第1のLEDチップ、bはaは比較のために示す窒化物半導体からなるLEDチップ、cはガリウム・アルミニウム・ヒ素からなる第2のLEDチップ、dはアルミニウム・ガリウム・インジウム・燐からなる第2のLEDチップの特性をそれぞれ示す。

【図4】図4は、本発明の各LEDチップが電源と接続された部分的な回路図を示し、図4（A）は、第1及び第2のLEDチップがそれぞれ単一電源に並列接続された図を示し、図4（B）は、第2のLEDチップが2個直列接続されたものと第1のLEDチップとを並列接続された図を示してある。

【図5】図5（A）、（B）、（C）は、それぞれ本発明のと比較のために示すLEDチップが電源と接続された部分的な回路図を示す。

【図6】本発明と比較のために用いられる窒化物半導体からなるLEDチップの構造を示す模式的断面図である。

【符号の説明】

101・・・発光ダイオード

102・・・駆動手段

103・・・きょう体

104・・・充填剤

201・・・LEDチップの基板

202・・・バッファ層

203・・・第1の窒化物半導体層

10

20

30

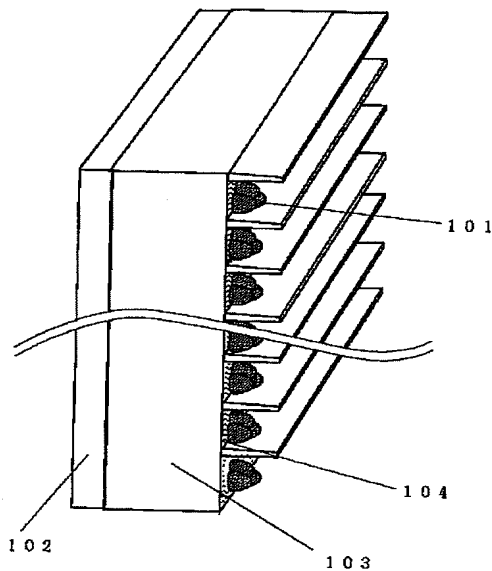
40

50

19

204・・・第2の窒化物半導体層
 205・・・第3の窒化物半導体層
 206・・・活性層
 207・・・p側クラッド層
 208・・・p側コンタクト層
 209・・・p電極
 210・・・pパッド電極
 211・・・n電極
 231・・・n電極
 232・・・ガリウム燐基板
 233・・・n型勾配層となるn型ガリウム・ヒ素・燐層
 234・・・n型発光層となるn型ガリウム・ヒ素・燐層
 235・・・窒素が含有されたn型発光層となるn型ガリウム・ヒ素・燐層
 236・・・拡散マスク
 237・・・p型電極
 238・・・p型ガリウム・ヒ素・燐部
 251・・・p電極
 252・・・p型ガリウム・アルミニウム・ヒ素基板
 253・・・p型ガリウム・アルミニウム・ヒ素層
 254・・・n型ガリウム・アルミニウム・ヒ素層

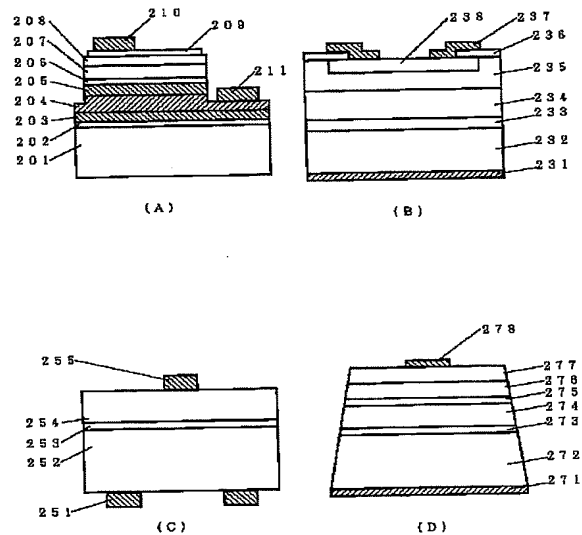
【図1】



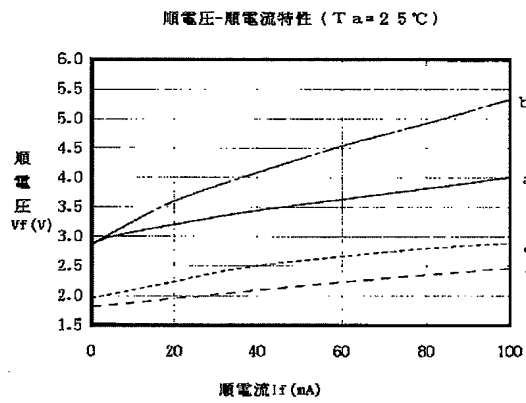
20

* 255・・・n電極
 271・・・n電極
 272・・・n型ガリウム・ヒ素基板
 273・・・バッファ層
 274・・・n型クラッド層となるアルミニウム・ガリウム・インジウム・燐層
 275・・・活性層となるアルミニウム・ガリウム・インジウム・燐層
 276・・・p型クラッド層となるアルミニウム・ガリウム・インジウム・燐層
 277・・・p型コンタクト層となるインジウム・ガリウム・燐層
 278・・・p電極
 601・・・基板
 602・・・バッファ層となる窒化ガリウム層
 603・・・n型コンタクト層となる窒化ガリウム層
 604・・・活性層となる窒化インジウム・ガリウム層
 605・・・p側クラッド層となる窒化ガリウム・アルミニウム層
 606・・・p側コンタクト層となる窒化ガリウム層
 607・・・p電極
 608・・・pパッド電極
 * 609・・・n電極

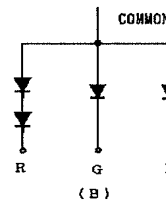
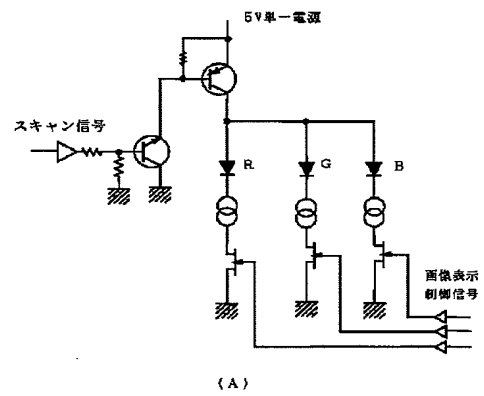
【図2】



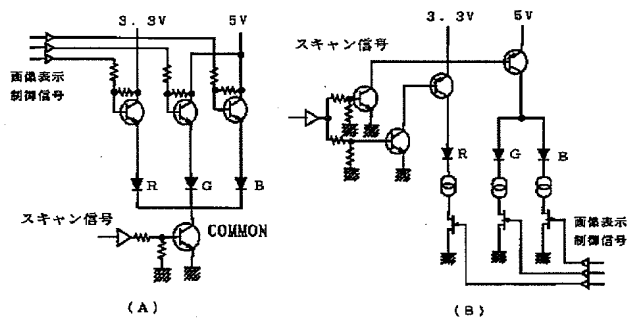
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

